

KONTAMINASI PARTIKEL *MICROGLASS* DALAM PENGGUNAAN OBAT INJEKSI TERHADAP KESELAMATAN PASIEN : *LITERATURE REVIEW*

Irvan Maulana^{1*}, Arik Juliana Putra Kmg², Laely Wahyunita Septianingrum³, Luh Ari Suantari⁴, Ni Putu Nita Ayu Sandra⁵, Deni Fami Prasetya⁶

Nursing Development Coordinator, BIMC Siloam Hospital Nusa Dua, Badung, Bali, Indonesia¹

Nurse, BIMC Siloam Hospital Nusa Dua, Badung, Bali, Indonesia^{2,3,4,5}

Pharmacist, BIMC Siloam Hospital Nusa Dua, Badung, Bali, Indonesia⁶

*Corresponding Author : irvanmaulana1986@gmail.com

ABSTRAK

Kontaminasi partikel dalam obat injeksi merupakan masalah kritis yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pasien. Salah satu jenis kontaminan yang menjadi perhatian utama adalah partikel *microglass*. Partikel *microglass* dapat berasal dari berbagai sumber selama proses pembuatan, pengemasan atau distribusi obat injeksi. Kontaminan tersebut dapat berasal dari berbagai sumber selama proses pembuatan, pengemasan, atau distribusi obat injeksi, menyebabkan berbagai komplikasi kesehatan, dari reaksi lokal hingga efek sistemik yang serius. Metode pada penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* untuk meninjau publikasi ilmiah terkait kontaminasi partikel *microglass* dalam obat injeksi. Rentang waktu penelitian adalah 3 bulan, kriteria inklusi artikel dari tahun 2014 hingga 2024 yang membahas efek kontaminasi partikel *microglass* pada obat injeksi dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia. Hasil pada penelitian menunjukkan bahwa langkah-langkah seperti pemecahan ampul yang tepat, penggunaan *filter needle*, dan pengalaman klinis mempengaruhi tingkat kontaminasi partikel kaca. Meskipun beberapa metode telah terbukti efektif, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memperkuat temuan tersebut dan meningkatkan keselamatan pasien secara menyeluruh. Kesimpulan pada penelitian ini yaitu menyoroti pentingnya implementasi praktik klinis yang aman dan efektif dalam mengurangi risiko kontaminasi partikel *microglass* dalam obat injeksi. Dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti metode pemecahan ampul yang tepat, pemanfaatan teknologi deteksi dan filtrasi yang efektif, serta penggunaan alat pelindung yang sesuai, praktik klinis dapat secara signifikan meningkatkan keselamatan pasien dan kualitas layanan kesehatan secara menyeluruh.

Kata kunci : keselamatan pasien, kontaminasi partikel *microglass*, obat injeksi

ABSTRACT

Contamination of particles in injectable drugs is a critical issue that can affect patient safety and health. One particular concern is microglass particles, which can originate from various sources during the manufacturing, packaging, or distribution process of injectable drugs, leading to various health complications from local reactions to serious systemic effects. This research employs a literature review approach to examine scholarly publications related to microglass particle contamination in injectable drugs. The study duration spans 3 months, with inclusion criteria encompassing articles from 2014 to 2024 discussing the effects of microglass particle contamination in injectable drugs in English or Indonesian. Findings indicate that measures such as proper ampoule breaking, use of filtering needles, and clinical experience influence the level of glass particle contamination. While some methods have proven effective, further research is needed to bolster these findings and enhance overall patient safety. The study's conclusion underscores the importance of implementing safe and effective clinical practices to reduce the risk of glass particle contamination in injectable drugs. Considering various aspects such as proper ampoule breaking methods, utilization of effective detection and filtration technologies, and appropriate protective equipment, clinical practices can significantly enhance patient safety and overall healthcare quality.

Keywords : injectable drugs, microglass particle contamination, patient safety

PENDAHULUAN

Kontaminasi partikel dalam obat injeksi merupakan masalah kritis yang dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan pasien (Chiannilkulchai & Kejkornkaew, 2021). Salah satu jenis kontaminan yang menjadi perhatian utama adalah partikel *microglass* (Kumari et al., 2022). Partikel *microglass* dapat berasal dari berbagai sumber selama proses pembuatan, pengemasan, atau distribusi obat injeksi (Joo et al., 2016). Sumber dari kontaminasi partikel *microglass* meliputi kerusakan pada botol kaca, pecahan dari alat-alat medis, dan proses filtrasi yang tidak sempurna. Kontaminasi tersebut dapat menyebabkan berbagai komplikasi kesehatan, mulai dari reaksi lokal di tempat injeksi hingga efek sistemik yang serius (Chiannilkulchai & Kejkornkaew, 2021).

Obat injeksi adalah salah satu bentuk pengobatan yang langsung masuk ke dalam sirkulasi darah atau jaringan tubuh, sehingga tingkat sterilitas dan kemurnian dari obat tersebut menjadi sangat krusial (Kim J, 2023). Kontaminasi oleh partikel *microglass* dapat menyebabkan reaksi imun yang tidak diinginkan, inflamasi, emboli, dan bahkan kematian pada kasus yang parah. Pemahaman mengenai sumber, mekanisme kontaminasi dan dampak dari partikel *microglass* sangat penting untuk meningkatkan keselamatan pasien (Kumari et al., 2022).

Kontaminasi partikulat kaca dalam penggunaan obat injeksi menimbulkan ancaman signifikan terhadap keselamatan pasien. Penelitian yang dilakukan oleh Unahalekhaka & Nuthong (2023) menunjukkan bahwa partikulat kaca umumnya ditemukan dalam ampul dosis tunggal, dengan ukuran mulai dari 8 hingga 172 mikron, menekankan perlunya langkah-langkah keamanan untuk mencegah kontaminasi selama persiapan dan pemberian obat. Penelitian lainnya oleh Gaitan Gomez et al. (2020) menekankan bahwa ketika ampul obat parenteral retak, hal tersebut berbahaya bagi pasien, karena sangat penting untuk menjaga sterilitas dan mencegah kontaminasi. Salah satu faktor utama yang membahayakan keselamatan pasien adalah praktik injeksi yang tidak aman, termasuk kesalahan aseptik dan penggunaan kembali perangkat injeksi. Ini menunjukkan betapa pentingnya menjaga praktik injeksi yang aman dalam lingkungan klinis (Schaut et al., 2017).

Meskipun terdapat protokol ketat dalam pembuatan dan distribusi obat, risiko kontaminasi tetap ada, sehingga diperlukan pengawasan yang ditingkatkan dan teknologi canggih untuk deteksi partikel *microglass* (Schumacher et al., 2017). Teknik seperti mikroskop elektron dan analisis difraksi laser sangat penting untuk mengidentifikasi dan mengukur partikel kecil yang tidak terdeteksi dengan metode tradisional, menekankan perlunya pemantauan yang lebih ketat (Houzé et al., 2022). Kurangnya data epidemiologi yang komprehensif tentang efek jangka panjang partikel *microglass* pada kesehatan manusia menimbulkan tantangan yang signifikan, dengan pengetahuan saat ini terutama berasal dari studi kasus dan laporan insiden. Penelitian lebih lanjut sangat diperlukan untuk menilai dampak partikel *microglass* yang berkepanjangan, menyoroti pentingnya penyelidikan berkelanjutan dan penilaian risiko dalam pengaturan farmasi (Carlton, 2015).

Tingkat kejadian kontaminasi partikulat kaca dalam obat suntik bervariasi antar penelitian. Penelitian menunjukkan bahwa partikulat kaca ditemukan pada 65% ampul yang diperiksa, dengan ukuran mulai dari 8 hingga 172 mikron, dan jumlah rata-rata partikulat adalah $47,8 \pm 20,4$ dalam sampel positif (Unahalekhaka & Nuthong, 2022). Studi lain yang membandingkan metode pemecahan manual untuk membuka ampul menemukan bahwa 449 dari 672 ampul terkontaminasi dengan partikel kaca, dengan metode pemecahan yang secara signifikan mempengaruhi tingkat kontaminasi (Chiannilkulchai & Kejkornkaew, 2021). Menurut Zarour-Shalev et al. (2015) mengevaluasi jenis jarum yang berbeda dalam mengurangi kontaminasi mengungkapkan bahwa penggunaan B Braun 5 mikron Filter Straw® mencegah kontaminasi partikel kaca sepenuhnya dibandingkan dengan jenis jarum lainnya. Penelitian yang dilakukan oleh Kawasaki (2009) yaitu kontaminasi partikulat yang berasal dari kaca meningkat secara

signifikan dengan metode umum serta menggunakan adaptor terbuka ampul dibandingkan dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini, menyoroti pentingnya metode pembukaan dalam mengurangi tingkat kontaminasi. Penelitian lain yang dilakukan oleh K.-R. Lee et al. (2011a) yaitu morfologi kontaminan partikulat kaca sangat tajam dan kasar, suatu kondisi yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Berat total partikel kaca dalam ampul terbuka yaitu $104 \pm 72,9 \mu\text{g}$ dan $30,5 \pm 1,00 \mu\text{g}$ setelah membuka 1 dan 2 mL ampul ketika *vacuum machine* dioperasikan pada daya tertinggi. Berat total berkurang menjadi 53,6 dan 50,6%, masing-masing untuk 1 dan 2 mL ampul, dibandingkan dengan pembukaan dengan tangan. Hilangnya isi ampul pada pembukaan oleh *vacuum machine* adalah 6,50 dan 4,67% masing-masing untuk ampul 1 dan 2 mL. Hasilnya, *vacuum machine* secara efisien mengurangi kontaminasi partikulat kaca dan metode evaluasi yang digunakan sesuai untuk mengukur tingkat kontaminasi ini.

Tujuan dari *literature review* ini adalah untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menyintesis informasi terkini mengenai kontaminasi partikel *microglass* terhadap keselamatan pasien dalam penggunaan obat injeksi. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang sejauh mana masalah ini berdampak pada kesehatan pasien dan apa saja langkah-langkah yang dapat diambil oleh industri farmasi serta praktisi medis untuk meminimalisir risiko tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* untuk mengumpulkan, meninjau, dan menganalisis publikasi ilmiah yang relevan terkait kontaminasi partikel *microglass* dalam penggunaan obat injeksi. Pencarian dilakukan melalui berbagai basis data ilmiah seperti PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian mencakup "*microglass particles contamination*", "*patient safety*", "*injectable drugs*", "*injection safety*", dan kombinasi dari kata kunci tersebut. Penelitian dilakukan dalam rentang waktu sekitar 3 bulan. Kriteria Inklusi pada penelitian ini yaitu artikel yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir (2014-2024) untuk memastikan relevansi dan keterkinian data, artikel yang membahas efek kontaminasi partikel *microglass* pada obat injeksi, studi yang melibatkan penelitian empiris, termasuk uji klinis, studi observasional, dan laporan kasus dan artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia. Kriteria Eksklusi pada penelitian ini meliputi artikel ulasan tanpa data empiris yang jelas dan artikel yang tidak secara spesifik membahas partikel *microglass*. Analisis data akan dilakukan dengan cara menyelidiki temuan dan kesimpulan dari literatur yang diidentifikasi. Data yang diperoleh dari *literature review* akan dianalisis secara kritis untuk mengidentifikasi tren, pola, dan implikasi terkait kontaminasi partikel *microglass* dalam penggunaan obat injeksi terhadap keselamatan pasien.

HASIL

Tabel 1. Hasil Penelusuran Artikel

Judul dan Penulis	Metode penelitian	Subjek penelitian	Hasil
<i>Safety concerns with glass particle contamination: improving the standard guidelines for preparing medication injections.</i> (Chiannilkulchai & Kejkornkaew, 2021)	Menggunakan desain penelitian komparatif untuk mengevaluasi metode pemecahan manual untuk membuka ampul obat 56 perawat terdaftar dari berbagai bidang klinis di rumah sakit universitas	Setiap peserta memecahkan 12 ampul dalam dua ukuran dengan menggunakan enam metode yang masing-masing metode dipadukan dengan bahan pembungkus dan satu arah pemecahan. Kami mengukur jumlah	Secara total, 449 dari 672 ampul terkontaminasi partikel kaca. Memecah ampul dengan bola kapas (pembungkus leher ampul sebagian) dari arah luar menghasilkan partikel kaca yang paling sedikit, sedangkan memecahkan ampul dengan kain kasa (pembungkus seluruh leher ampul) dari arah dalam

		partikel kaca dalam lima ukuran untuk setiap metode dan faktor-faktor yang mempengaruhi kontaminasi partikel kaca	menghasilkan partikel kaca paling banyak. Metode pemecahan, ukuran ampul dan pengalaman klinis berpengaruh signifikan terhadap kontaminasi partikel kaca ($P < 0,05$)
<i>Glass particulate adulterated in single dose ampoules: A patient safety concern.</i> (Unahalekhaka & Nuthong, 2022)	Delapan ratus ampul air steril berukuran 10 ml diperiksa untuk mengetahui kontaminasi partikulat kaca saat dibuka. Ampul dibuka oleh perawat mengikuti praktik biasa. Daftar periksa Penguatan Pelaporan Studi Observasional dalam Epidemiologi digunakan untuk mempersiapkan penelitian.	Partikulat kaca diperiksa dengan stereomikroskop. Pemeriksaan lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan <i>scanning electron mikroskop</i> (SEM) untuk mengetahui ukuran dan jumlah partikulat pada 20 sampel positif dan 20 sampel negatif hasil pemeriksaan stereomikroskop.	Tujuh ratus sembilan puluh delapan ampul diperiksa, 2 ampul rusak. Partikulat kaca terdeteksi di 65% ampul (519/798). Ukuran partikulat kaca dari 20 sampel positif dan 20 sampel negatif, masing-masing berkisar antara 8 hingga 172 mikron dan 8 hingga 102 mikron. Partikulat kaca terdeteksi paling banyak pada ukuran ≤ 50 mikron pada sampel positif dan negatif dengan jumlah rata-rata masing-masing $47,8 \pm 20,4$ dan $27,8 \pm 21,8$ partikulat.
<i>Glass particle contamination threat in nursing practice: A pilot study</i> (Erkoc Hut & Yazici, 2021)	Partikel ditentukan dengan mikroskop cahaya. Penelitian ini dilakukan antara bulan April 2018 hingga Januari 2020.	Tiga jenis ampul medial (A, B, C) digunakan. Dispensasi isi dilakukan dengan menggunakan jarum 21 atau 22 G, dengan dan tanpa filter jarum suntik.	Hasil Partikel kaca berukuran $0,94-90,70 \mu\text{m}$ terdeteksi pada 94% dari seluruh sampel. Terdapat 48, 162 dan 201 partikel kaca pada kelompok A, B dan C masing-masing. Filtrasi tidak berpengaruh pada kelompok A tetapi efektif hingga 85% pada kelompok lain.
<i>The effect of different methods of intravenous injection on glass particle contamination from ampules</i> (Joo et al., 2016)	Penelitian ini merupakan penelitian observasional deskriptif yang mengumpulkan, mengukur, dan menganalisis derajat kontaminasi partikel kaca dari ampul kaca dengan metode injeksi intravena yang berbeda. Empat metode injeksi digunakan dalam penelitian ini: injeksi bolus IV langsung setelah aspirasi segera, injeksi bolus IV langsung setelah aspirasi tertunda 2 menit, injeksi bolus IV langsung setelah aspirasi dengan jarum suntik penyaring, dan suntikan samping ke set infus dengan jarum suntik. -filter garis.	Sebanyak 45 ampul per metode injeksi menghasilkan total 180 ampul dibuka dan dianalisis untuk penelitian ini. 45 ampul per metode injeksi dipilih dengan analisis distribusi medium effect size 0,25, tingkat signifikansi 0,05, dan kekuatan statistik 0,80 dengan program G* Power 3.0. Ampul kaca berisi 2 mL asam askorbat digunakan dari satu produsen.	Jumlah partikel kaca dalam 180 ampul kaca yang diuji adalah 19.473. Jumlah partikel kaca pada setiap ampul kaca antara 15 hingga 419 partikel dan rata-rata jumlah partikel kaca pada setiap ampul kaca adalah $108,18 \pm 79,45$. Di antara 19.473 partikel kaca dalam 180 ampul kaca yang diuji, terdapat 5.169 partikel kaca pada kelompok 1 (aspirasi segera), 5.311 partikel kaca pada kelompok 2 (penundaan 2 menit), 4.971 partikel kaca pada kelompok 3 (jarum yang disaring), dan 4.022 partikel kaca. di grup 4 (menembak samping). Jumlah partikel kaca paling sedikit pada kelompok 4 (penembakan samping), namun perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Terdapat ampul kaca yang mengandung lebih dari 400 partikel kaca pada kelompok 1 (aspirasi segera) dan kelompok 2 (penundaan 2 menit), sedangkan semua ampul pada kelompok 4 (penembakan samping)

			mengandung kurang dari atau sama dengan 220 partikel kaca.
<i>Particulate contamination associated with the manipulation of drugs in glass ampules: A literature review</i> (Painchart et al., 2017).	Tinjauan pustaka berdasarkan strategi pencarian (Pubmed, Google Scholar) dan tabel ringkasan data yang tersedia. Analisis untuk mengevaluasi kemanjuran filtrasi ketika data tersedia.	Delapan belas artikel telah dimasukkan	Sebagian besar penelitian menunjukkan adanya partikel dalam ampul kaca. Perbedaan penting dilaporkan mengenai jumlah partikel per ampul. Analisis data dari tujuh penelitian: penurunan sebesar 83% dari jumlah total partikel (>10µm) yang teridentifikasi ketika obat dihilangkan dengan jarum penyaring. Semua penelitian kecuali dua penelitian mengkonfirmasi kemanjuran jarum penyaring.

Berdasarkan tabel 1 dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut mengkonfirmasi bahwa kontaminasi partikel kaca pada ampul obat adalah masalah yang signifikan. Metode pemecahan ampul, penggunaan jarum penyaring, serta pengalaman klinis mempengaruhi tingkat kontaminasi partikel kaca. Filtrasi obat dengan menggunakan jarum penyaring terbukti efektif mengurangi kontaminasi partikel *microglass*.

PEMBAHASAN

Metode Pemecahan Ampul dan Pengaruhnya

Penelitian oleh Chiannikulchai & Kejkornkaew (2021) menyoroti pentingnya metode pemecahan ampul dalam menentukan tingkat kontaminasi partikel kaca. Metode menggunakan bola kapas dari arah luar terbukti paling efektif dalam mengurangi jumlah partikel kaca, sementara penggunaan kain kasa dari arah dalam justru meningkatkan kontaminasi. Faktor-faktor seperti ukuran ampul dan pengalaman klinis juga memainkan peran penting, menunjukkan bahwa protokol pemecahan ampul harus disesuaikan untuk meminimalkan risiko kontaminasi. Penelitian lain oleh K.-R. Lee et al. (2011) menunjukkan bahwa penggunaan *Vacuum Manipulator* pada daya tertinggi secara signifikan mengurangi berat total partikel kaca dalam ampul dibandingkan dengan pembukaan manual, dengan pengurangan sebesar 53,6% dan 50,6% untuk ampul 1 mL dan 2 mL, masing-masing. Hilangnya isi ampul saat menggunakan *Vacuum Manipulator* lebih rendah dibandingkan dengan metode manual.

Menurut J.-O. Lee (2017) juga menekankan pentingnya alat pelindung saat membuka ampul kaca, yang terbukti efektif dalam mengurangi kecemasan dan risiko cedera tajam di kalangan mahasiswa keperawatan, dengan hasil kepuasan pengguna yang tinggi. Keseluruhan temuan ini menunjukkan bahwa metode pemecahan ampul yang tepat, penggunaan *Vacuum Manipulator*, dan alat pelindung tidak hanya mengurangi kontaminasi partikel kaca tetapi juga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna, menegaskan perlunya protokol yang disesuaikan dengan metode yang paling efektif dan aman.

Hal tersebut mengintegrasikan temuan dari beberapa penelitian terkait dengan metode pemecahan ampul dan dampaknya terhadap kontaminasi partikel kaca serta keselamatan pengguna. Penelitian oleh Chiannikulchai & Kejkornkaew (2021) menggarisbawahi bahwa metode pemecahan ampul berpengaruh signifikan terhadap jumlah partikel kaca yang terkontaminasi. Metode yang menggunakan bola kapas dari arah luar lebih efektif dalam mengurangi partikel kaca, sedangkan penggunaan kain kasa dari arah dalam justru meningkatkan kontaminasi. Ini menunjukkan bahwa teknik dan alat yang digunakan dalam memecahkan ampul harus dipilih dengan hati-hati untuk mengurangi risiko kontaminasi.

Faktor ukuran ampul dan pengalaman klinis juga mempengaruhi hasil pemecahan ampul, sehingga penting untuk menyesuaikan protokol berdasarkan kondisi spesifik untuk mencapai hasil terbaik. Penelitian oleh K.-R. Lee et al. (2011) mendukung ini dengan menemukan bahwa penggunaan *Vacuum Manipulator* pada daya tertinggi secara signifikan mengurangi berat total partikel kaca dalam ampul dibandingkan dengan metode manual. *Vacuum Manipulator* berhasil mengurangi berat partikel kaca sebesar 53,6% untuk ampul 1 mL dan 50,6% untuk ampul 2 mL, menunjukkan efektivitasnya dalam mengurangi kontaminasi. Selain itu, hilangnya isi ampul saat menggunakan *Vacuum Manipulator* lebih rendah, yaitu 6,50% untuk ampul 1 ml dan 4,67% untuk ampul 2 ml, dibandingkan dengan pembukaan manual.

Temuan J.-O. Lee (2017) menambah dimensi keselamatan pengguna, dengan menunjukkan bahwa penggunaan alat pelindung saat membuka ampul kaca tidak hanya mengurangi risiko cedera tajam tetapi juga mengurangi kecemasan di kalangan mahasiswa keperawatan. Kecemasan yang lebih rendah ($p < 0,001$) dan kepuasan pengguna yang tinggi (skor 4,33 dari 5) mencerminkan manfaat tambahan dari penggunaan alat pelindung, meningkatkan kenyamanan dan kepercayaan diri pengguna.

Metode pemecahan ampul yang tepat, penggunaan teknologi seperti *Vacuum Manipulator*, dan alat pelindung yang sesuai tidak hanya penting untuk mengurangi kontaminasi partikel kaca, tetapi juga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna. Protokol pemecahan ampul harus disesuaikan dengan metode yang paling efektif dan aman untuk meminimalkan risiko kontaminasi dan cedera, memastikan praktik terbaik dalam lingkungan klinis.

Praktik Klinis dan Deteksi Partikel Kaca

Penelitian yang dilakukan oleh Unahalekhaka & Nuthong (2022) memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengatasi masalah kontaminasi partikel kaca dalam ampul medis. Temuan bahwa 65% ampul terkontaminasi partikel kaca dengan ukuran bervariasi antara 8 hingga 172 mikron, dan mayoritas partikel berukuran ≤ 50 mikron, menyoroti risiko signifikan yang dihadapi dalam praktik klinis saat ini. Penggunaan mikroskop stereomikroskop dan *Scanning Electron Microscope* untuk deteksi partikel memberikan validitas kuat terhadap temuan tersebut dan menekankan perlunya peningkatan teknik serta protokol pembukaan ampul.

Penelitian lebih lanjut oleh Unahalekhaka & Nuthong (2022) memperkuat pemahaman tentang variasi tingkat kontaminasi berdasarkan jenis ampul dan isinya. Penggunaan metode pemotretan samping dengan filter in-line, seperti yang ditemukan oleh Kuhn et al. (2019) menunjukkan potensi besar dalam mengurangi kontaminasi partikel kaca selama prosedur pemberian intravena. Meski metode ini efektif tanpa memerlukan aspirasi tekanan lambat dan rendah, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan keandalannya secara konklusif.

Metode inovatif lain, seperti transiluminasi sinar laser yang dikembangkan oleh Joo et al. (2016), membuka peluang baru untuk deteksi partikel logam dalam kaca, terutama pada panel kaca datar. Selain itu, kemajuan dalam teknik segmentasi gambar menggunakan pembelajaran mendalam, seperti yang diusulkan oleh Rainer et al. (2014), menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan deteksi partikel konduktif dalam chip pada proses kaca. Implementasi jaringan saraf konvolusi berbasis pembelajaran fitur multi-frekuensi dapat memberikan akurasi lebih tinggi dalam identifikasi partikel kaca yang berbahaya.

Penelitian tersebut menekankan pentingnya deteksi partikel kaca dalam ampul medis untuk mencegah kontaminasi yang dapat membahayakan pasien. Peningkatan teknik pembukaan ampul dan adopsi teknologi deteksi canggih sangat krusial dalam praktik klinis. Implementasi metode baru yang telah teruji dan pengembangan protokol standar untuk pembukaan ampul dapat mengurangi risiko kontaminasi, meningkatkan keselamatan pasien, dan menjaga kualitas layanan kesehatan. Penelitian lebih lanjut dan kolaborasi antar disiplin ilmu akan sangat penting untuk terus meningkatkan praktik ini dan memastikan hasil yang lebih aman bagi pasien.

Efektivitas Filtrasi Dalam Mengurangi Kontaminasi Partikel *Microglass*

Erkoc Hut & Yazici (2021) memeriksa efektivitas penggunaan jarum filter dalam mengurangi partikel kaca. Hasil menunjukkan bahwa filtrasi dengan jarum filter dapat mengurangi kontaminasi hingga 85% pada beberapa kelompok ampul. Namun, pada beberapa jenis ampul (kelompok A), filtrasi tidak memberikan efek yang signifikan. Ini menunjukkan bahwa efektivitas filtrasi mungkin bergantung pada karakteristik ampul dan harus dipertimbangkan dalam praktik klinis.

Filtrasi memainkan peran penting dalam mengurangi kontaminasi partikulat kaca dalam obat-obatan, seperti yang disorot dalam berbagai studi penelitian. Penelitian telah menunjukkan bahwa filter in-line secara signifikan mengurangi materi partikulat secara keseluruhan, termasuk partikel yang lebih besar, dalam jalur infus multidrug, menekankan pentingnya posisi filter dan volume internal (Perez et al., 2018). Selanjutnya, penggunaan adaptor vial terintegrasi filter telah menunjukkan efisiensi filtrasi tinggi dalam menghilangkan partikel delaminasi kaca, memenuhi kriteria ketat untuk penghilangan partikel dalam parenteral volume besar (Zarour-Shalev et al., 2015). Penelitian tentang suntikan yang dibuat dari tablet yang dihancurkan mengungkapkan bahwa kombinasi filter, seperti filter rokok dan filter jarum suntik, atau filter jarum suntik 0,8/0,2 µm, secara efektif menghilangkan partikel tidak larut yang berbahaya, memberikan tindakan pengurangan bahaya yang vital bagi pengguna (Patel et al., 2012).

Keseluruhan penelitian ini menekankan bahwa filtrasi memainkan peran penting dalam mengurangi kontaminasi partikulat kaca dalam ampul medis, meskipun efektivitasnya dapat bervariasi tergantung pada karakteristik spesifik ampul. Oleh karena itu, penting bagi praktisi klinis untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini ketika memilih teknik filtrasi yang tepat untuk mengurangi risiko kontaminasi. Implementasi jarum filter dan filter in-line yang efektif dapat meningkatkan keselamatan pasien dengan mengurangi risiko kontaminasi partikel kaca, namun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi kondisi spesifik di mana filtrasi paling efektif dan untuk mengembangkan protokol standar yang dapat diterapkan dalam berbagai situasi klinis.

Metode Injeksi Intravenosa dan Kontaminasi Partikel Kaca

Penelitian oleh Joo et al. (2016) menunjukkan bahwa metode injeksi intravena yang berbeda mempengaruhi tingkat kontaminasi partikel kaca. Dalam penelitian ini, metode "suntikan samping ke set infus dengan jarum suntik-filter garis" menghasilkan jumlah partikel kaca paling sedikit dibandingkan dengan metode lain. Meskipun perbedaan ini tidak signifikan secara statistik, temuan ini tetap penting karena menunjukkan bahwa teknik injeksi yang berbeda dapat mempengaruhi risiko kontaminasi. Penelitian ini sejalan dengan studi yang menekankan pentingnya teknik injeksi dalam meminimalkan risiko kontaminasi, seperti yang ditemukan oleh (Chiannilkulchai & Kejkornkaew, (2021). Studi oleh Kawakami & Tagami (2021) menunjukkan bahwa penggunaan jarum suntik dalam pengaturan klinis dapat menyebabkan kontaminasi bakteri, yang menekankan perlunya protokol desinfeksi yang tepat untuk mencegah kontaminasi intraluminal.

Temuan kolektif dari berbagai penelitian ini menggarisbawahi peran penting dari metode dan protokol injeksi yang tepat dalam mengurangi risiko kontaminasi dalam pengaturan perawatan kesehatan. Peningkatan pedoman standar untuk injeksi obat diperlukan untuk meningkatkan keselamatan pasien dengan mengurangi kontaminasi partikel kaca selama prosedur pembukaan ampul. Implementasi teknik injeksi yang telah terbukti efektif, seperti metode "suntikan samping ke set infus dengan jarum suntik-filter garis," dapat membantu dalam mengurangi kontaminasi partikel kaca, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memperkuat temuan ini secara statistik. Upaya untuk mengembangkan dan menerapkan protokol yang lebih baik dalam praktik klinis akan berkontribusi secara signifikan terhadap keselamatan pasien dan kualitas layanan kesehatan.

Efektivitas *Filter Needle*

Studi yang dilakukan oleh Painchart et al. (2017) melakukan tinjauan pustaka terhadap 18 artikel yang memeriksa keberadaan partikel kaca dalam ampul obat. Hasil tinjauan ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian menemukan adanya partikel kaca dalam ampul obat. Analisis dari tujuh penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *filter needle* dapat mengurangi jumlah total partikel dengan ukuran lebih dari 10 μ m sebesar 83%. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan *filter needle* adalah langkah efektif untuk mengurangi kontaminasi partikel kaca.

Penelitian yang dilakukan oleh Erkoc Hut & Yazici (2021) juga menemukan bahwa partikel kaca dengan ukuran 0,94-90,70 μ m terdeteksi pada 94% dari semua sampel. Terdapat 48, 162, dan 201 partikel kaca dalam kelompok A, B, dan C, masing-masing. Meskipun filtrasi tidak memiliki efek pada kelompok A, namun efektif hingga 85% pada kelompok lain. Kesimpulan dari studi ini mengkonfirmasi bahwa isi ampul terkontaminasi dengan partikel kaca selama prosedur pembukaan, yang bervariasi tergantung pada jenis dan konten ampul. Penggunaan *filter needle* dapat efektif hingga 85% dalam menghilangkan partikel kaca. Menurut Sögüt & Erkoç (2024) yaitu profesional perawatan kesehatan cukup memahami penggunaan jarum filter dan kontaminasi partikel kaca. Tingkat pengetahuan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti profesi, status pendidikan, dan jumlah ampul yang digunakan di klinik. Temuan menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat perlu ditingkatkan untuk mengurangi kontaminasi partikel kaca.

Implikasi dari temuan ini adalah penggunaan *filter needle* dapat mengurangi kontaminasi partikel kaca hingga 85%. Tenaga kesehatan perlu mengadopsi metode penggunaan *filter needle* sebagai langkah preventif yang efektif dalam mengurangi risiko kontaminasi partikel kaca dalam prosedur injeksi obat. Penelitian lanjutan yang inovatif diperlukan untuk mengembangkan strategi lebih lanjut dalam upaya meminimalkan atau bahkan sepenuhnya menghindari kontaminasi partikel kaca dalam praktik klinis.

KESIMPULAN

Penelitian yang telah dilakukan oleh berbagai peneliti menyoroti berbagai aspek penting dalam upaya mengurangi kontaminasi partikel kaca dalam praktik klinis. Fokus utama meliputi pentingnya pemilihan metode pemecahan ampul yang tepat, pemanfaatan teknologi seperti *Vacuum Manipulator*, dan penggunaan alat pelindung untuk mengurangi risiko kontaminasi dan cedera. Deteksi partikel kaca menggunakan teknologi canggih seperti sinar laser juga menjadi perhatian utama untuk meningkatkan keselamatan pasien. Penggunaan *filter needle* telah terbukti efektif dalam mengurangi kontaminasi partikel kaca, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memperkuat temuan ini. Implementasi praktik klinis yang aman dan efektif merupakan langkah krusial dalam meningkatkan keselamatan pasien dan kualitas layanan kesehatan secara keseluruhan. Dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti metode pemecahan ampul yang tepat, pemanfaatan teknologi deteksi dan filtrasi yang efektif, serta penggunaan alat pelindung yang sesuai, praktik klinis dapat secara signifikan meningkatkan keselamatan pasien dan kualitas layanan kesehatan secara menyeluruh.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua peneliti yang telah memberikan kontribusi penting melalui penelitian ini. Penelitian ini sangat berharga dalam meningkatkan keselamatan pasien dan kualitas pelayanan kesehatan dengan mengurangi risiko kontaminasi partikel kaca pada ampul obat. Terima kasih atas dedikasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlton, R. A. (2015). Analysis of Glass Vial Interior Surfaces in Parenteral Drug Stability Studies. *Microscopy and Microanalysis*, 21(S3), 191–192. <https://doi.org/10.1017/S1431927615001750>
- Chiannilkulchai, N., & Kejkornkaew, S. (2021). Safety concerns with glass particle contamination: improving the standard guidelines for preparing medication injections. *International Journal for Quality in Health Care : Journal of the International Society for Quality in Health Care*, 33(2). <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzab091>
- Erkoc Hut, A., & Yazici, Z. A. (2021). Glass particle contamination threat in nursing practice: A pilot study. *Journal of Advanced Nursing*, 77(7), 3189–3191. <https://doi.org/10.1111/jan.14847>
- Gaitan Gomez, O. L., Aristizabal, P., & Bueno Robles, L. S. (2020). Práctica de inyecciones seguras por parte del personal de la salud: revisión integrativa. *Investigación En Enfermería: Imagen y Desarrollo*, 22. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ie22.pisp>
- Houzé, P., Borowski, I., Bito, E., Megarbane, B., & Labat, L. (2022). Micro sampling, a new trend in toxicological screening? *Toxicologie Analytique et Clinique*, 34(3), S50–S51. <https://doi.org/10.1016/j.toxac.2022.06.059>
- Joo, G. E., Sohng, K.-Y., & Park, M. Y. (2016). The effect of different methods of intravenous injection on glass particle contamination from ampules. *SpringerPlus*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1632-0>
- Kawakami, Y., & Tagami, T. (2021). Pumping infusions with a syringe may cause contamination of the fluid in the syringe. *Scientific Reports*, 11(1), 15421. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94740-1>
- Kawasaki, Y. (2009). A Study on the Insoluble Microparticulate Contamination at Ampoule Opening. *YAKUGAKU ZASSHI*, 129(9), 1041–1047. <https://doi.org/10.1248/yakushi.129.1041>
- Kim J, D. J. O. (2023). *Medication Routes of Administration*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK568677/>
- Kuhn, D., Joseph, L., Philip, R., & Mcintosh, Robert, A. (2019). *Systems and methods for glass particle detection*.
- Kumari, S., Agarwal, S., & Khan, S. (2022). Micro/nano glass pollution as an emerging pollutant in near future. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 6, 100063. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100063>
- Lee, J.-O. (2017). *Effects of a Finger Guard while Opening the Glass Ampoule by Nursing Students*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:217290939>
- Lee, K.-R., Chae, Y.-J., Cho, S.-E., & Chung, S.-J. (2011). A strategy for reducing particulate contamination on opening glass ampoules and development of evaluation methods for its application. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 37(12), 1394–1401. <https://doi.org/10.3109/03639045.2011.580349>
- Painchart, L., Odou, P., & Bussi eres, J.-F. (2017). [Particulate contamination associated with the manipulation of drugs in glass ampoules: A literature review]. *Annales Pharmaceutiques Francaises*, 76 1, 3–15. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:196836771>
- Patel, P., P. Patel, R., Brandon, S., McLean, S., Bruno, R., & de Graaff, B. (2012). Effects of Filtration on the Presence of Particulate and Oxycodone Content of Injections Prepared from Crushed OxyContin®; Tablets. *Current Drug Safety*, 7(3), 218–224. <https://doi.org/10.2174/157488612803251298>
- Perez, M., D ecaudin, B., Abou Chahla, W., Nelken, B., Storme, L., Masse, M., Barth el emy, C., Lebuffe, G., & Odou, P. (2018). Effectiveness of in-Line Filters to Completely Remove Particulate Contamination During a Pediatric Multidrug Infusion Protocol. *Scientific*

- Reports*, 8(1), 7714. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25602-6>
- Rainer, T., Jens, S., Jonas, H., & Manfred, D. (2014). *Method and device for detecting particles in glass*.
- Schaut, R. A., Hoff, K. C., Demartino, S. E., Denson, W. K., & Verkleeren, R. L. (2017). Enhancing Patient Safety through the Use of a Pharmaceutical Glass Designed To Prevent Cracked Containers. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 71(6), 511–528. <https://doi.org/10.5731/pdajpst.2017.007807>
- Schumacher, E. F., Talesky, H. M., & Diebold, K. J. (2017). Characterization of Glass Delamination by TEM: Results from a New Sample Preparation Technique. *Microscopy Today*, 25(1), 36–41. <https://doi.org/10.1017/S1551929516001127>
- Söğüt, N. N., & Erkoç, A. (2024). Glass Particle Contamination and Using the Filter Needle: A Cross-sectional Study. *Turkish Journal of Science and Health*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:270080815>
- Unahalekhaka, A., & Nuthong, P. (2022). Glass particulate adulterated in single dose ampoules: A patient safety concern. *Journal of Clinical Nursing*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248432458>
- Zarour-Shalev, E. H., Ovadia, Y., Tuchmay, O., Reynolds, G., & Lev, N. (2015). Filtration of Glass Delamination Particles with West Pharmaceutical Vial Adapters. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 69(6), 669–676. <https://doi.org/10.5731/pdajpst.2015.01076>